



V Seminário Internacional
Sobre Remediação e Revitalização
de Áreas Contaminadas

EKOS BRASIL

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SURFACTANTES PARA A SOLUBILIZAÇÃO E REMOÇÃO DE DNAPLs DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

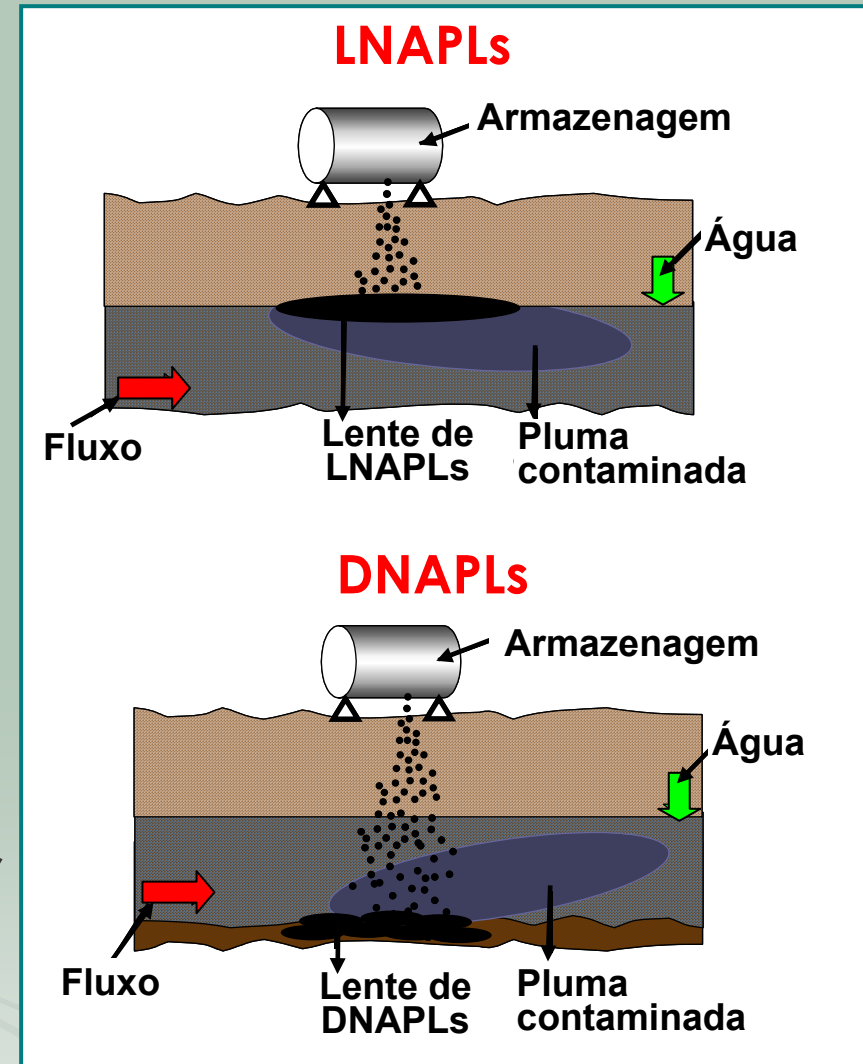
Elizabeth Fátima de Souza e Mariana Rodrigues Peres

Faculdade de Química – CEATEC – PUC-Campinas

Águas subterrâneas e fases líquidas não-aquosas (NAPLs)

Compostos orgânicos perigosos ocorrem comumente em áreas urbanas ou industriais:

- ✗ gasolina,
- ✗ óleo diesel,
- ✗ querosene,
- ✗ solventes clorados,
- ✗ pesticidas,
- ✗ bifenilas cloradas,
- ✗ hidrocarbonetos poliaromáticos,
- ✗ e outros.

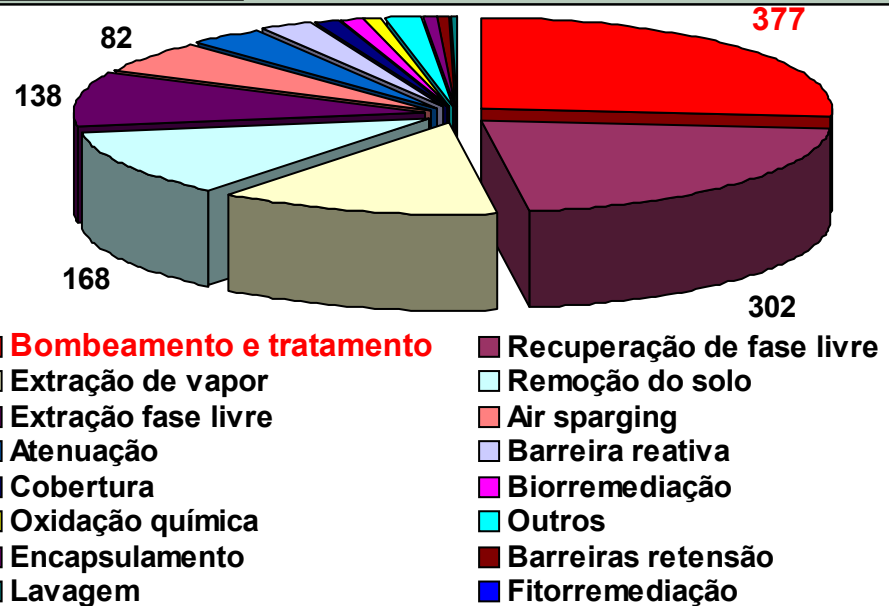
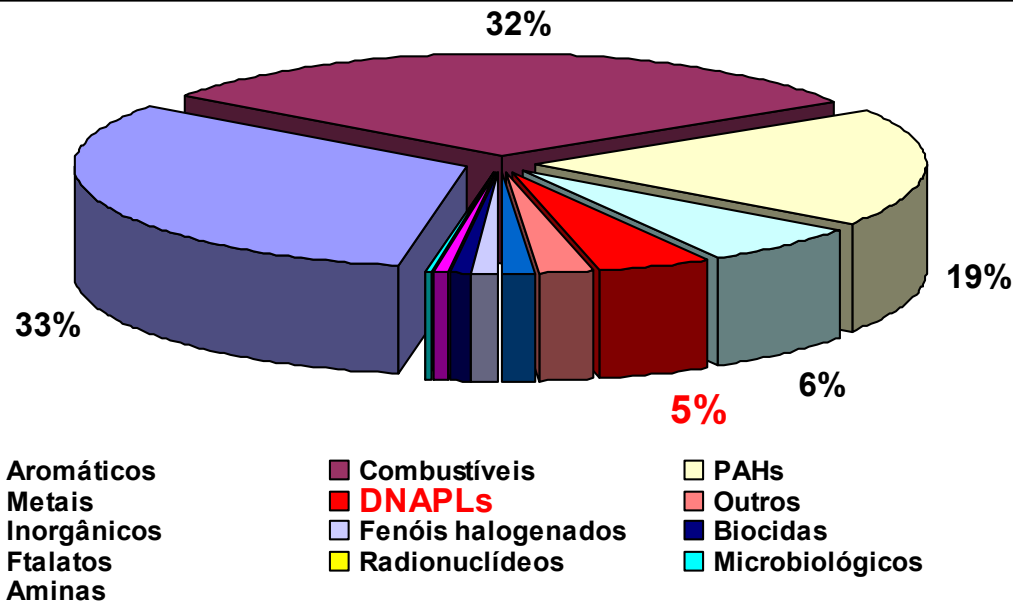


Adaptado de
Coll. Surfaces A, 151, 225-268 (1999)

DNALPs: difícil degradação e baixa solubilidade

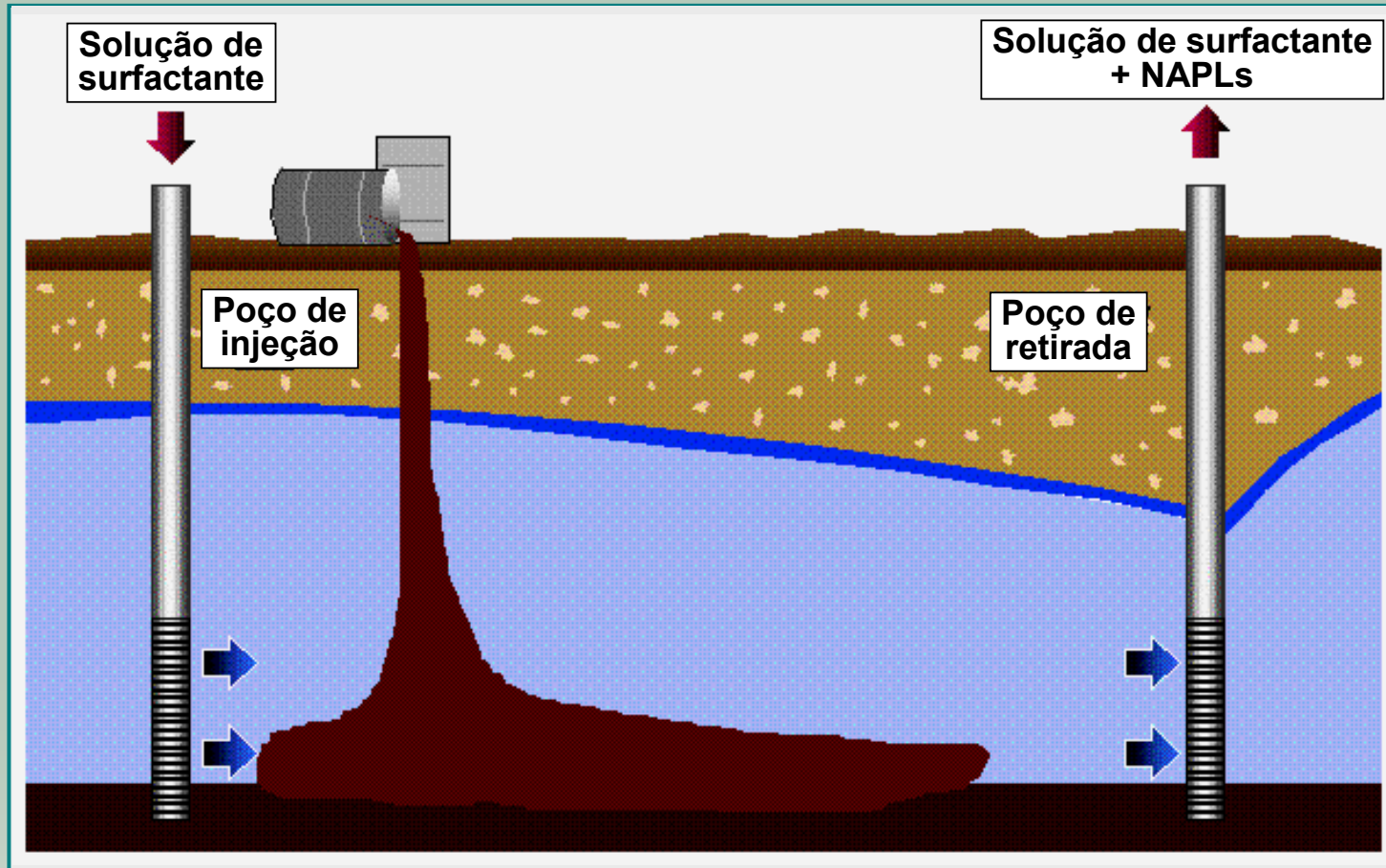
Localização da pluma	Extensão (km)	Fonte	Contaminantes majoritários	Volume de contaminante (L)	Volume da pluma (L)
Gloucester ON, Canada	0,6	aterro industrial	dioxano, DDE, THF, Freon 113	190	$1,0 \times 10^7$
Mountain View CA, USA	2,5	indústria eletrônica	TCE, TCA	9.800	$6,0 \times 10^9$
San José CA, USA	4,8	indústria eletrônica	TCA, 1,1 DCE, Freon 113	130	$5,0 \times 10^9$
Denver CO, USA	5,0	aeroporto ferroviária	TCE, TCA, DBCP	80	$4,5 \times 10^9$

Contaminantes e tratamentos São Paulo - BR



BOMBEAMENTO E TRATAMENTO:

Remediação de Aquíferos Intensificada por Surfactantes (SEAR)



Anos de operação do sistema	1 – 10
Volume tratado por ano (milhões L)	6 – 1.980
Investimento (milhões US\$)	0,25 – 15
Custo de operação anual (milhões US\$)	0,091 – 4,4

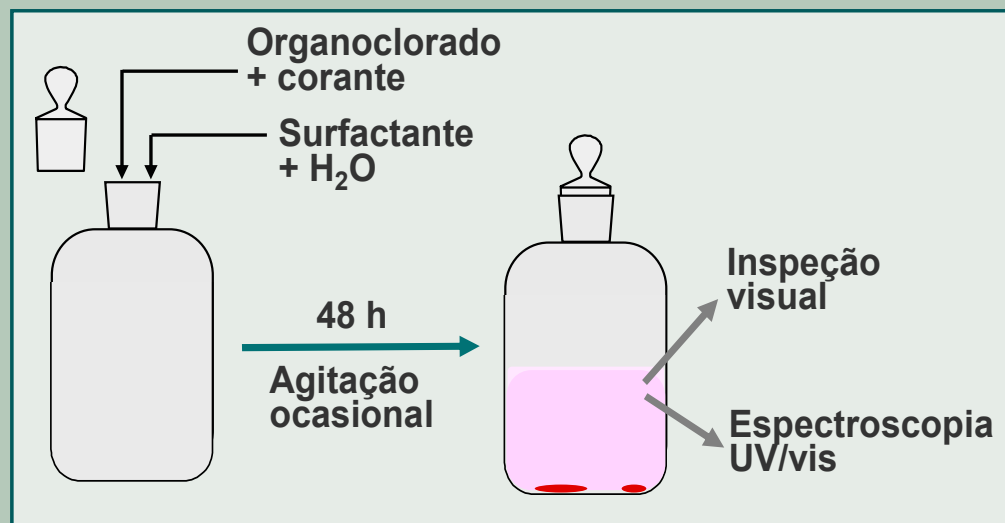
OBJETIVOS

- Desenvolver e implementar procedimentos sistemáticos de tecnologias de remediação intensificadas por surfactantes.
- Identificar surfactantes e formulações de surfactantes eficientes e ambientalmente aceitáveis para a SEAR.
- Investigar a influência do tipo de DNAPLs, do corante orgânico utilizado e de parâmetros como a temperatura, a presença de sais e o pH do meio aquoso na solubilização de DNAPLs por surfactantes.

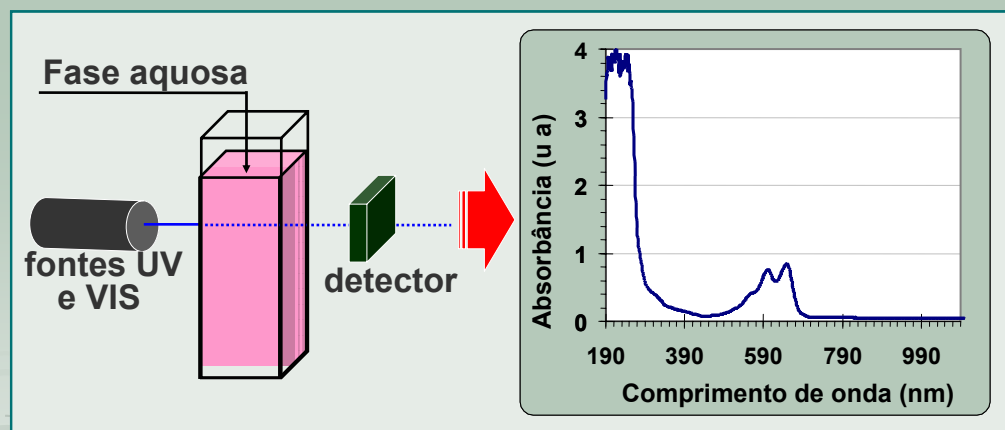


METODOLOGIA: testes de bancada

- Preparação da solução de surfactante nas condições desejadas de pH, dureza e/ou temperatura.
- Contaminação da fase aquosa com tetracloreto de carbono corado com Blue 59, Oil Blue, Oil Red ou Sudan IV.
- Agitação ocasional por 24h e repouso por 24h.
- Obtenção de espectros de absorvância na região do UV-visível das fases aquosas das amostras, após 48h de contato.

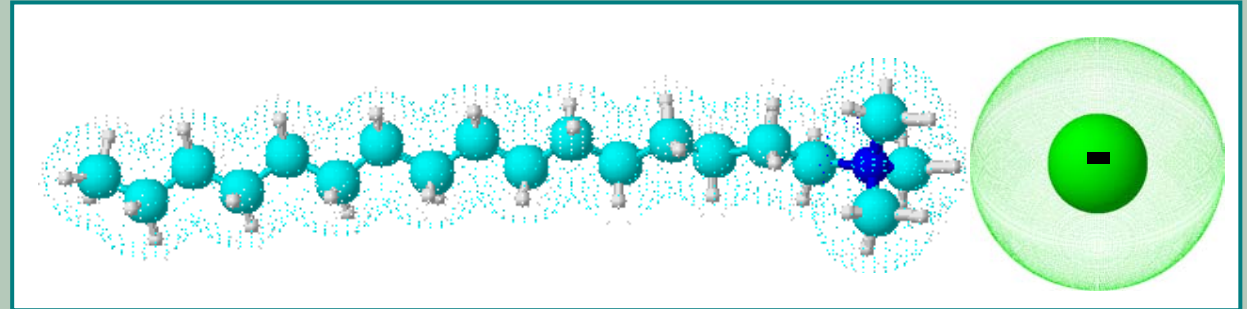


Environ. Sci. Technol., 34, 1985–1990 (2000)

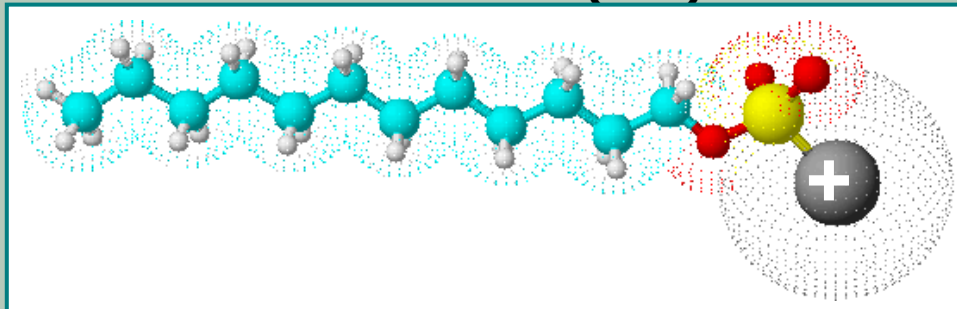


METODOLOGIA: surfactantes testados

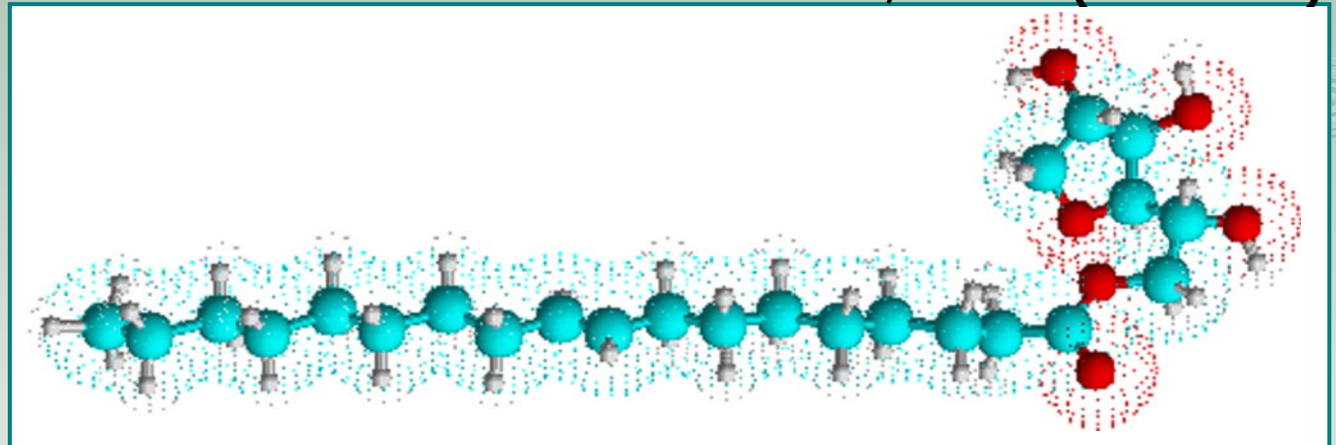
CATIÔNICO: brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB)



ANIÔNICO: dodecilsulfato de sódio (SDS)

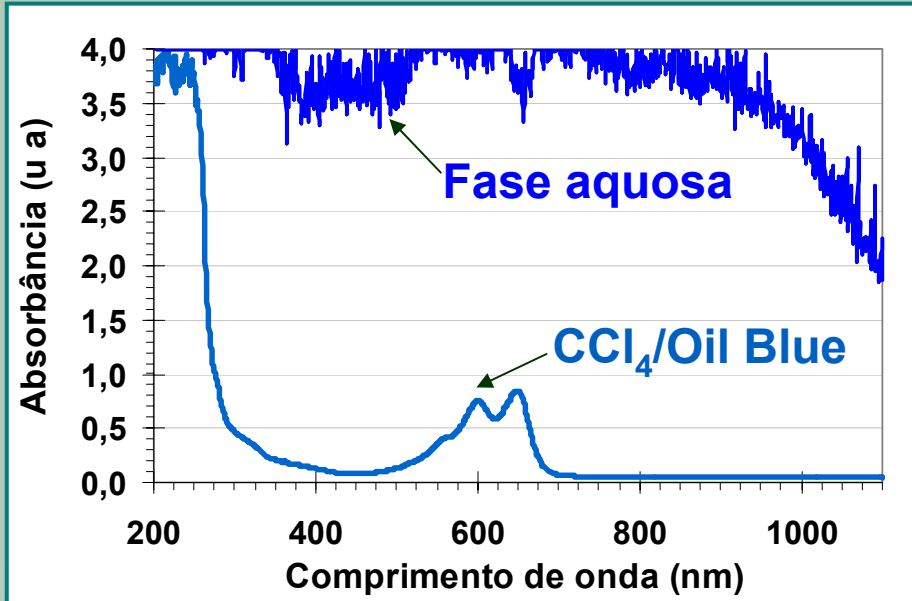


NÃO-IÔNICO: monoestearato de sorbitan etoxilado, 20 OE (Tween 60)

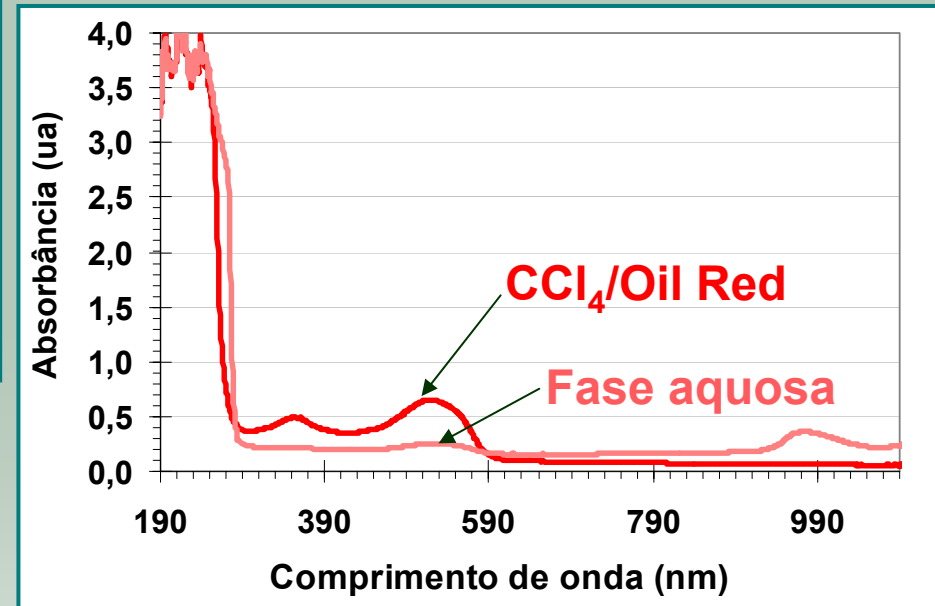


RESULTADOS: emulsificação ou solubilização

CCl_4 /Oil Blue e fase aquosa
com 2,5% m/v de Brij 76, 48 h



Absorção de luz
(solubilização da fase orgânica)

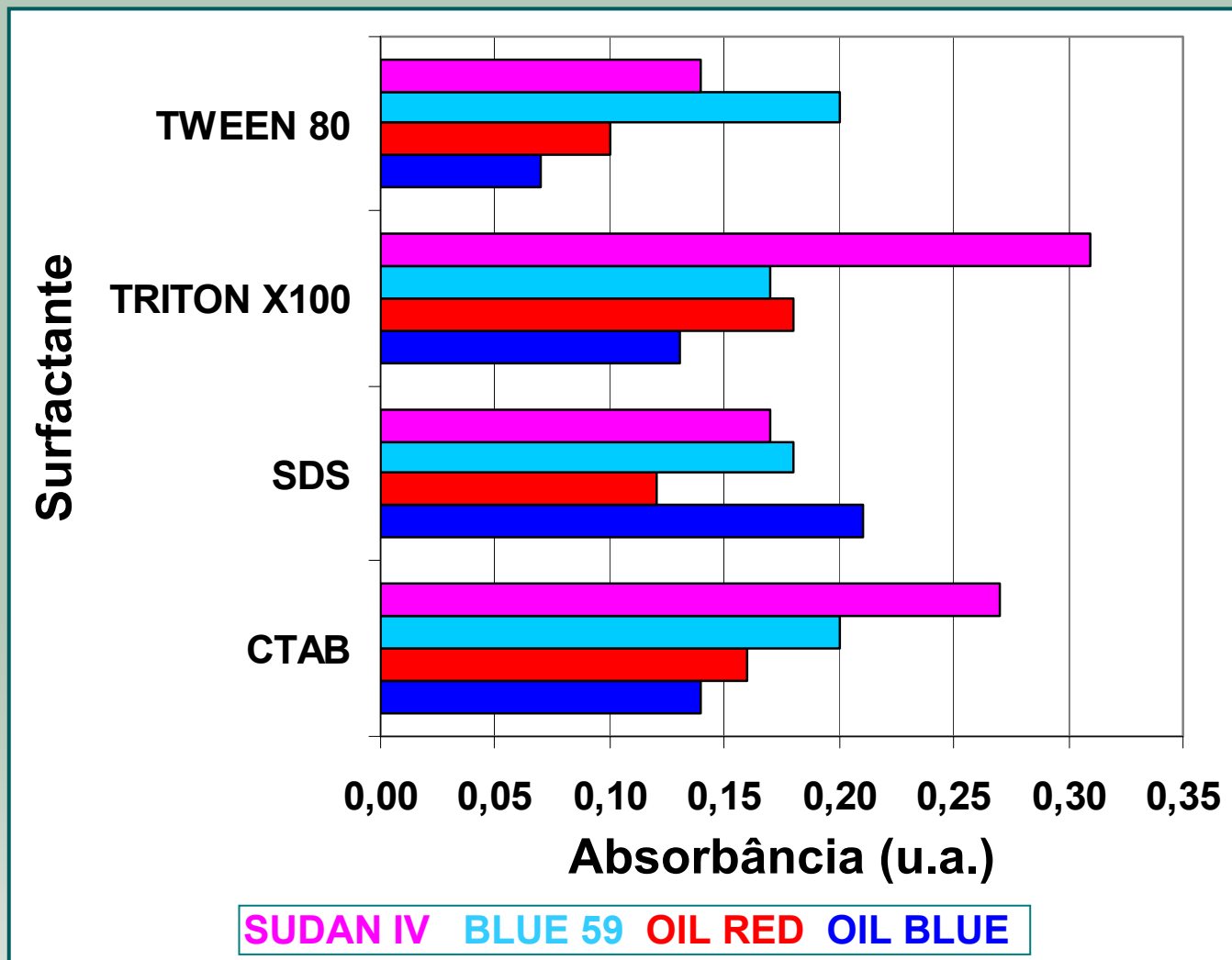


Espalhamento de luz
(emulsificação da fase orgânica)

CCl_4 /Oil Red e fase aquosa
com 2,5% m/v de Aromox, 48 h

RESULTADOS: influência do corante

Desempenho de solubilização por soluções 2,5% m/v de surfactantes

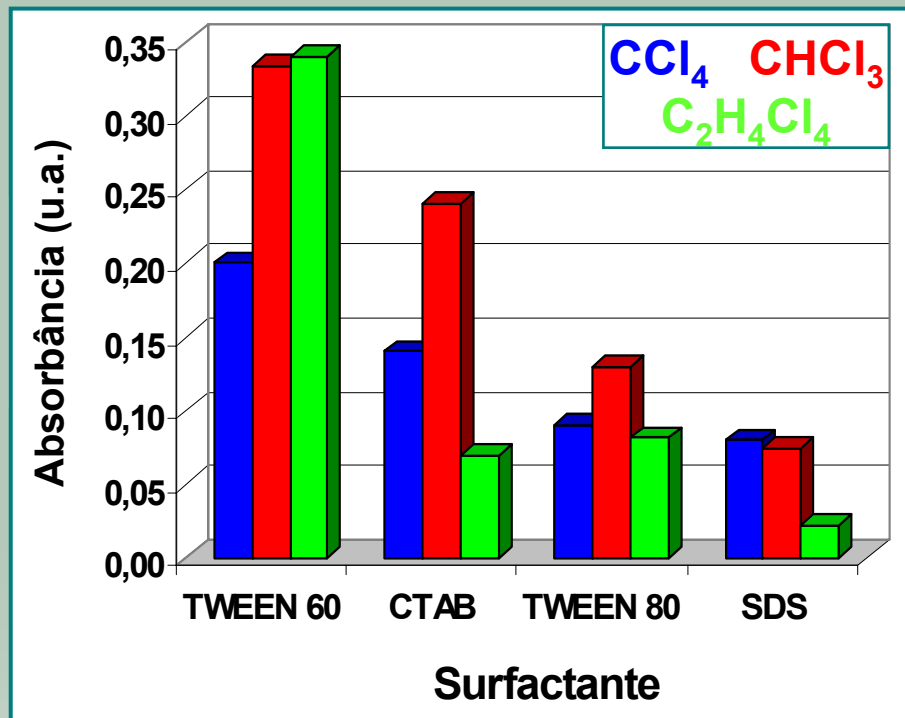


DNAPL: tetracloreto de carbono

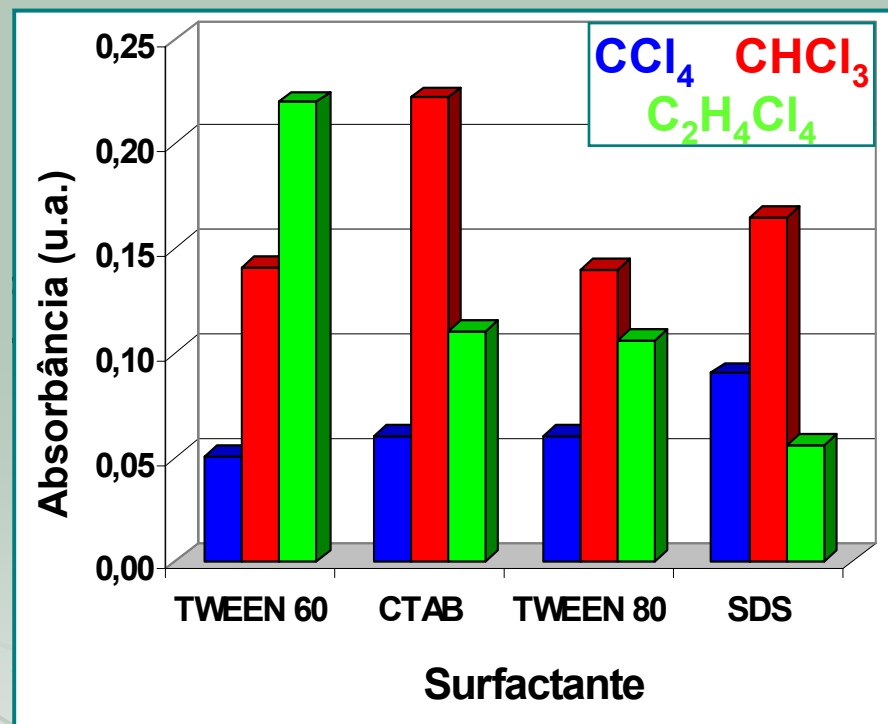
RESULTADOS: influência da DNAPL e do corante

Desempenho de solubilização por soluções 2,5% m/v de surfactantes

Corante Oil Red



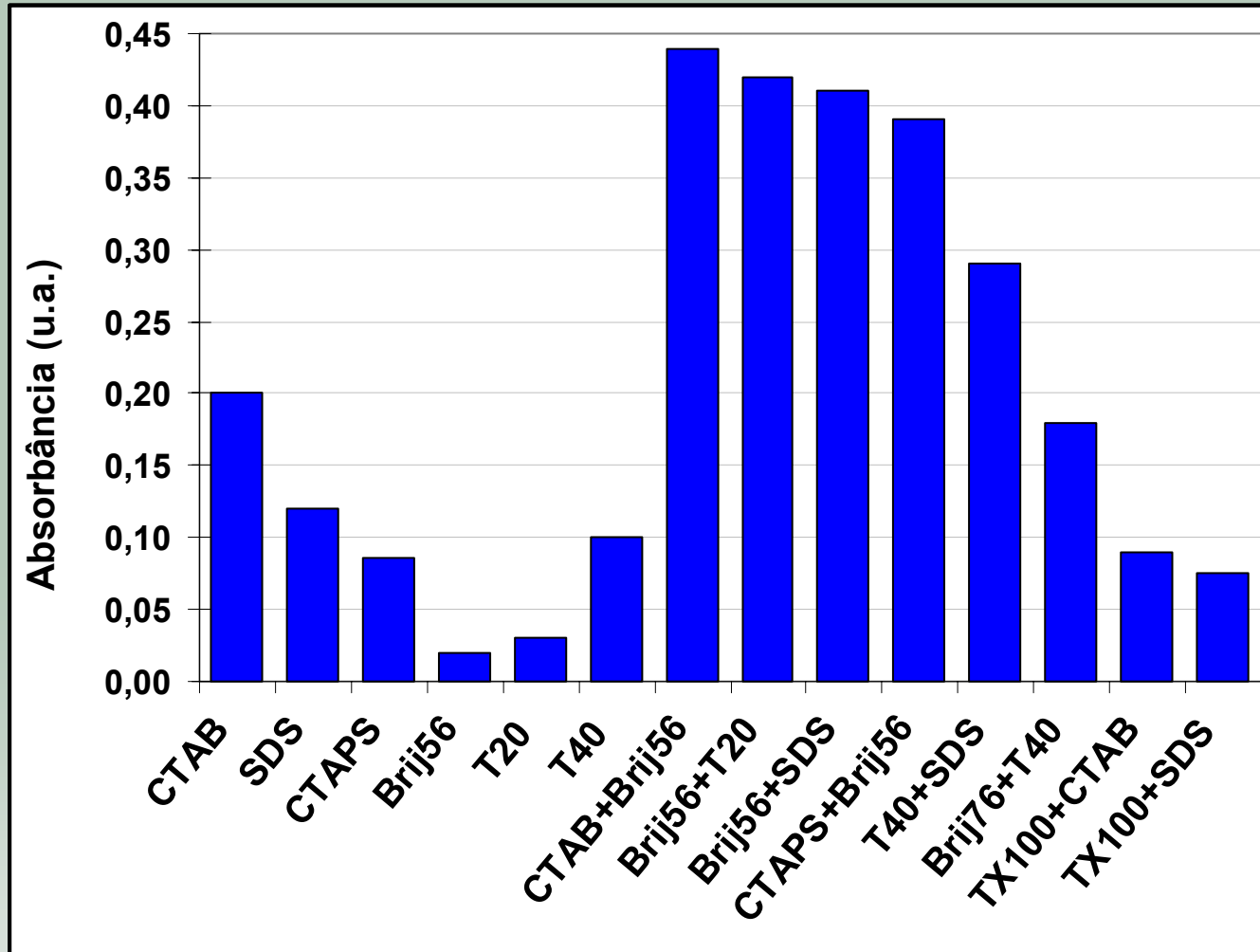
Corante Oil Blue



Erro experimental $\approx 10\%$

RESULTADOS: misturas de surfactantes

Desempenho de solubilização por soluções 2,5% m/v do surfactante ou 1,25 + 1,25% m/v de cada surfactante



DNAPL: tetracloreto de carbono

Corante: Oil Blue N

RESULTADOS: misturas de surfactantes

Efluentes retirados durante a lavagem de uma coluna de areia contaminada com CCl_4 /Oil Red

Água deionizada



Solução de 2,5% SDS m/v

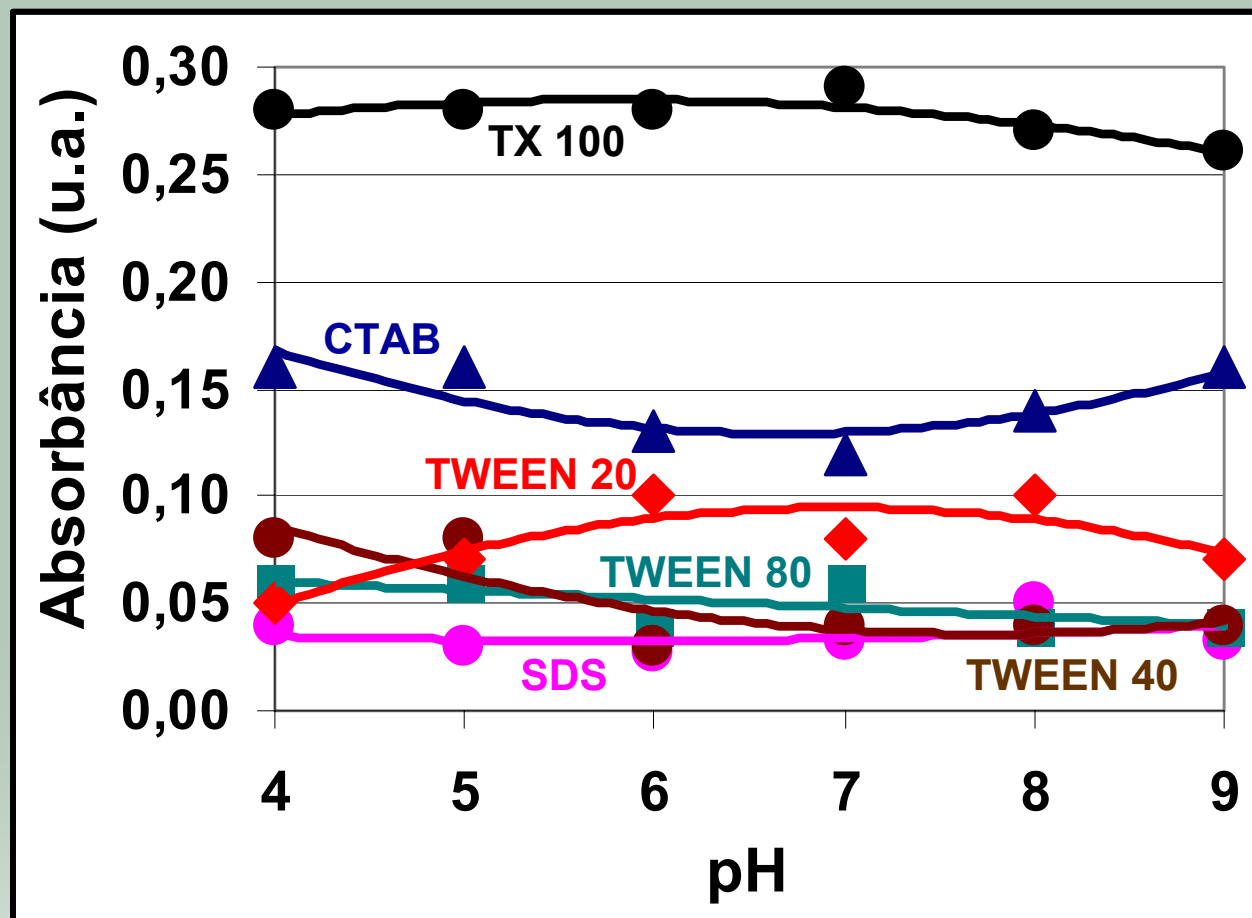


Solução de 1,25% SDS + 1,25% Brij 56 m/v



RESULTADOS: influência do pH

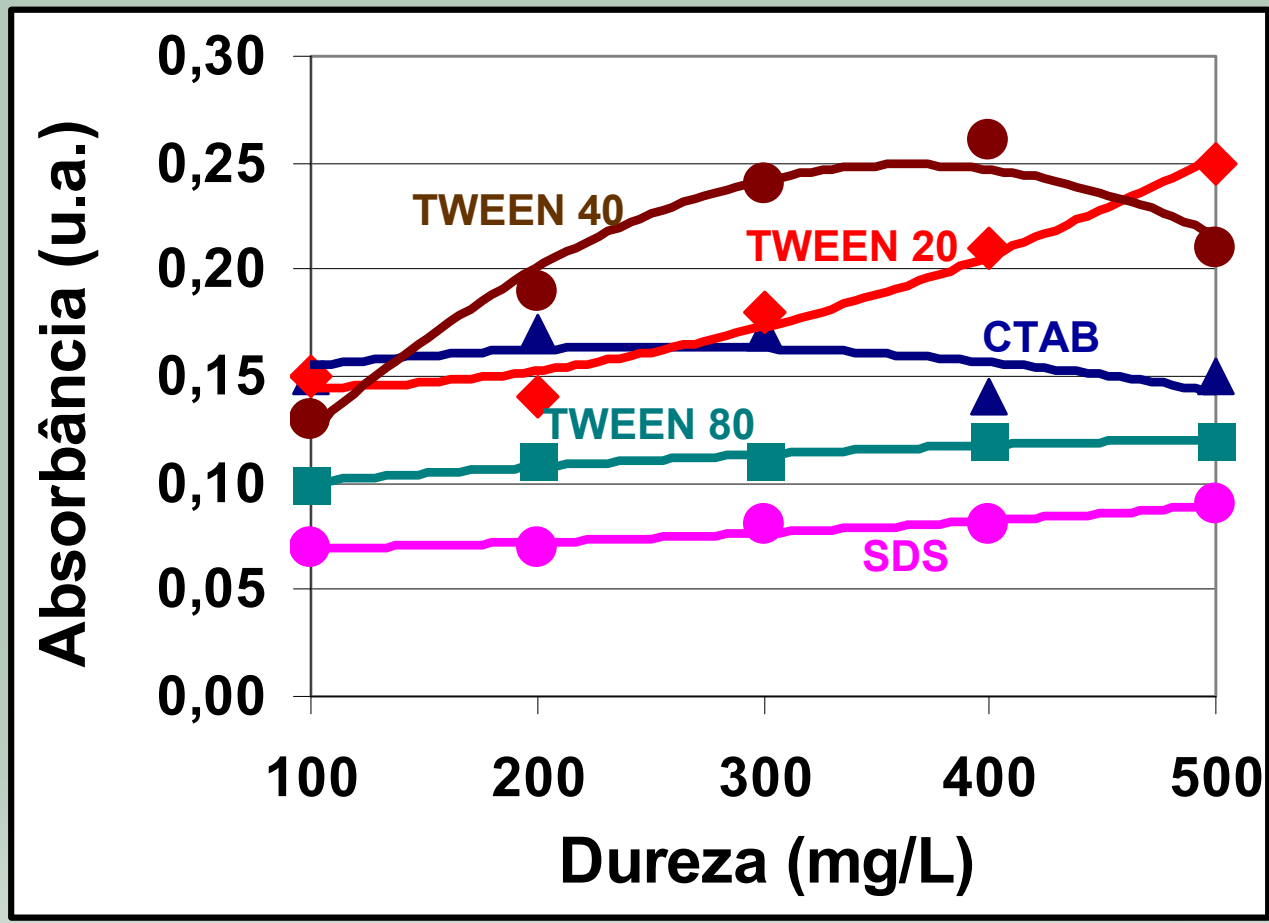
Faixas ótimas de pHs para atuação de cada surfactante.



DNAPL: tetracloreto de carbono
Corante: Oil Red O

RESULTADOS: influência da dureza

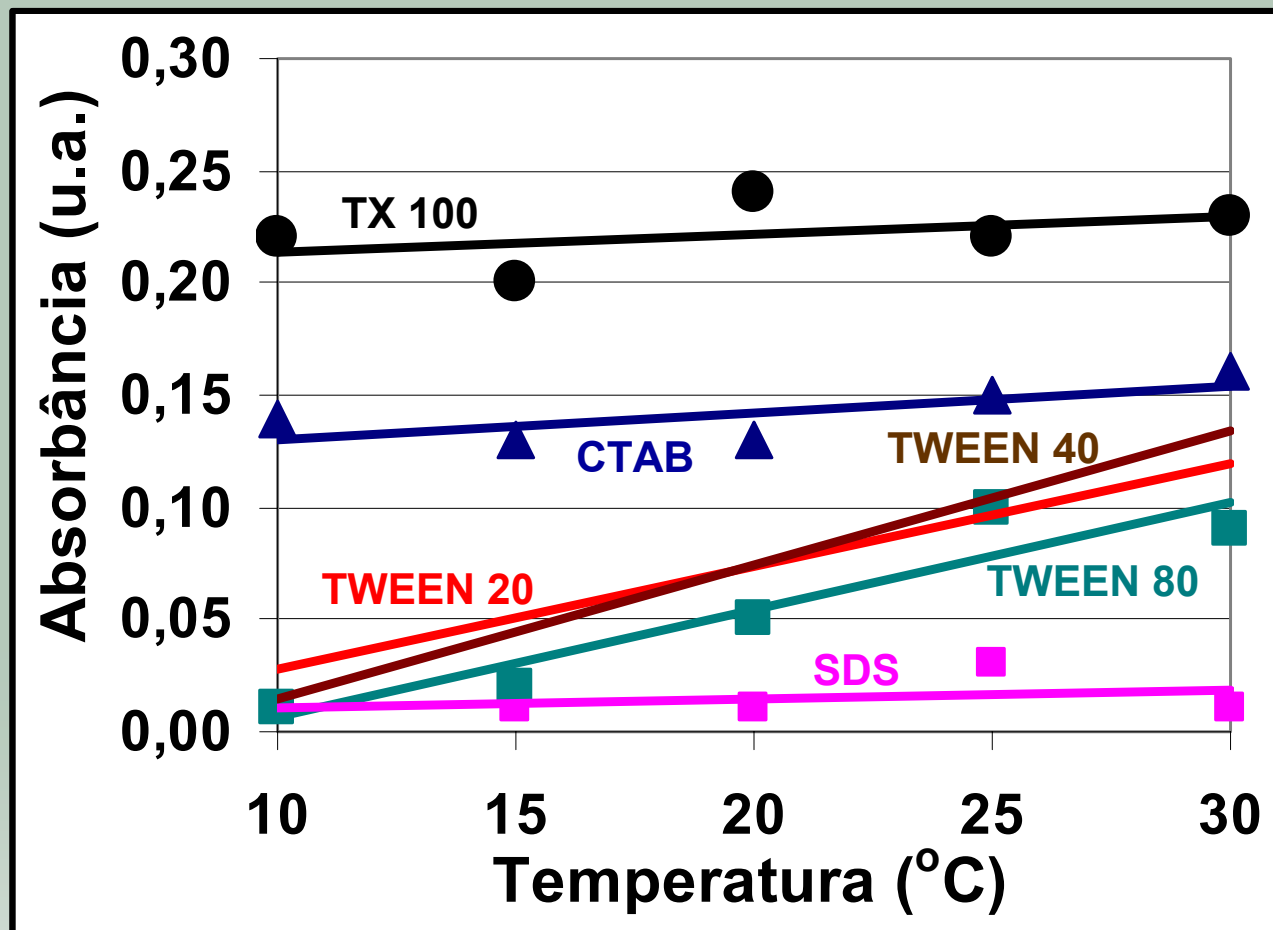
Faixas ótimas de dureza para a atuação do surfactante.



DNAPL: tetracloreto de carbono
Corante: Oil Red O

RESULTADOS: influência da temperatura

Faixas ótimas de temperatura para atuação do surfactante.



DNAPL: tetracloreto de carbono

Corante: Oil Red O

RESULTADOS: planejamento fatorial 2³

Variável		Nível (-)		Nível (+)		
pH		5		9		
[CaCO ₃] (mg.L ⁻¹)		50		250		
Temperatura (°C)		20		40		
Variáveis				Respostas		
Experimento	pH	Dureza	Temperatura	CTAB	SDS	Triton X100
1	(-)	(-)	(-)	0,18	0,08	0,29
2	(-)	(+)	(-)	0,18	0,07	0,31
3	(-)	(-)	(+)	0,20	0,11	0,31
4	(-)	(+)	(+)	0,16	0,11	0,33
5	(+)	(-)	(-)	0,23	0,12	0,30
6	(+)	(+)	(-)	0,20	0,12	0,20
7	(+)	(-)	(+)	0,20	0,10	0,29
8	(+)	(+)	(+)	0,14	0,14	0,24

CONCLUSÕES

- Testes realizados em escala de laboratório são úteis para avaliar a eficiência de surfactantes na remoção de DNAPLs de sites contaminados, quando consideradas as características do teste e do meio onde serão utilizados.
- O tamanho, a forma, a hidratação e o grau de ionização das micelas, determinam a afinidade e o espaço disponível para a solubilização do contaminante e, portanto, o desempenho do surfactante em diferentes meios.
- O planejamento fatorial permite a otimização das condições para a solubilização de uma DNAPL, evidenciando as interações entre as variáveis que afetam o desempenho do surfactante.

Agradecimentos

Comissão Organizadora do V Seminário
PIBIC/CNPq, PUC-Campinas
FAPESP (03/12529-4), CNPq (310347/2006-8)